

Extracción de aceite de café a partir de la borra del grano de café tostado como
residuo agroindustria

Andrés Felipe Mendoza Obando
Ingeniero Agroindustrial

Universidad Nacional Abierta y a Distancia–UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería
Programa de Seminario Especializado Política Pública en el aprovechamiento
biotecnológico de residuos agroalimentarios
Medellín, Colombia
2020

Extracción de aceite de café a partir de la borra del grano de café tostado como
residuo agroindustria

Presentado Por:

Andrés Felipe Mendoza Obando
Ingeniero Agroindustrial

Proyecto final del seminario especializado presentado como requisito parcial para
optar al título de Especialista en Proceso de Alimentos y Biomateriales

Director (a)
Magister y Doctora Andrea Vásquez
Ingeniera Agroindustrial

Universidad Nacional Abierta y a Distancia–UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería
Programa de Seminario Especializado Política Pública en el aprovechamiento
biotecnológico de residuos agroalimentarios
Medellín, Colombia
2020

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios y a mi familia que están presentes en todo lo que hago, que me ayudan a superar todos obstáculos que se me presentan en la vida.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mi familia por el apoyo condicional que me han brindado y a mi tutora porque con su conocimiento me ha apoyado en el desarrollo de mi formación.

CONTENIDO

	Pág.
1. RESUMEN	8
2. INTRODUCCIÓN	10
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
4. OBJETIVOS	12
4.1 OBJETIVO GENERAL	12
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
5. JUSTIFICACIÓN	13
6. MARCO TEÓRICO	14
6.1. PERTINENCIA Y VIABILIDAD	21
7. METODOLOGÍA	23
8. CONCLUSIÓN	26
9. BIBLIOGRAFÍA	27

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Proceso optimización del café	20

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Fig. 1 Diagrama de flujo obtención de aceite de café	15
Fig. 2 Flujograma proceso de extracción de aceite de café	16
Fig. 3 Variables más influyentes en el proceso de extracción de aceite de café	17
Fig. 4 Infografía normatividad vigente	25

1. RESUMEN

La simulación de bioprocesos son programas que nos permiten modelar, simular y optimizar todos los procesos en la producción industrial que se puede llevar a cabo en el área agroindustrial, como a la vez se explica en este trabajo el aprovechamiento biotecnológico de los residuos agroindustriales. En la actualidad los procesos nos enfocan en una forma de gestionar a la organización basándose en los mismos procesos, haciendo que se entienda como una actividad secuencial orientada a generar un valor añadido sobre una entrada para conseguir valor añadido sobre una entrada para obtener un buen resultado y una salida que satisfaga todos lo requerimiento generados por los clientes, todo los enfoques en los procesos requiere de unas metodologías o herramientas para gestionar, rediseñar o de optimizar a los mismos. Dentro de las metodologías y herramientas más conocidas y utilizadas son: TPM (Mantenimiento Productivo Total), el cual busca la maximización de la eficiencia global de los equipos en los sistemas de producción, eliminando las averías, los defectos y los accidentes con la participación de todos los miembros de la empresa.

Seis Sigma es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios que se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y metodologías, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón de oportunidades.

Palabras claves: Residuo agroindustrial, simulación, calidad, agroindustria, infusión de café, Procesos, rendimiento, producción, desarrollo, calidad.

ABSTRACT

The simulation of bioprocesses are programs that allow us to model, simulate and optimize all the processes in industrial production that can be carried out in the agro-industrial area, as the biotechnological use of agro-industrial waste is explained in this work. Currently the processes focus us on a way of managing the organization based on the same processes, making it understood as a sequential activity aimed at generating added value on an entry to achieve added value on an entry to obtain a good result and an output that satisfies all the requirements generated by the clients, all the approaches in the processes require methodologies or tools to manage, redesign or optimize them. Among the best known and most used methodologies and tools are:

TPM (Total Productive Maintenance), which seeks to maximize the overall efficiency of equipment in production systems, eliminating breakdowns, defects, and accidents with the participation of all members of the company.

Six Sigma is a work philosophy and a business strategy that is based on customer focus, on efficient management of data and methodologies, which allows eliminating variability in processes and achieving a level of defects less than or equal to 3.4 defects per million opportunities.

Keywords: Agroindustrial waste, simulation, quality, agribusiness, coffee infusion, Processes, performance, production, development, quality.

2. INTRODUCCIÓN

Actualmente la agroindustria no solo es valorada por su desempeño económico y productivo sino que también es por su relación con la sociedad y el medio ambiente, de tal manera que se pueda enfocar en la protección del medio ambiente y lograr oportunidades y condiciones de permanencia y utilidad en el desarrollo del mercado para lograr de manera de utilización eficaz implementando bajo costo y ecológicamente racional de estos, aplicando materiales cada vez más importantes y utilizando la materia prima de óptima calidad. En Colombia los cultivos de café (*Coffea arábica*) fueron introducidas a principios del Siglo XVIII, desde ese momento el café se convirtió en uno de los principales productos de la economía nacional, consolidándose como uno el impulso de la economía colombiana (Gómez, 2005).

El café colombiano, ha sido un gran referente a nivel mundial desde la década de los 40, esto se debe a la diversa orografía que tiene nuestro país en sus regiones productoras, haciendo que se tenga una oferta ambiental, gran variedad de café cosechadas y la implementación de varias técnicas productivas, todo esto ha llevado a que la alta calidad del café sea una de las características más atractivas para los consumidores tanto nacionales como extranjeros. Entre los factores condicionantes de las tecnologías empleadas para la producción de esta materia prima, se resalta, que el tamaño de las fincas cafeteras colombianas, en su mayoría, son terrenos menores a una hectárea (60,59%), seguido de extensiones de una a tres hectáreas (28,36%) (FNC, 2008); esta información nos indica que generalmente estas fincas cafeteras son administradas por núcleos de familias campesinas de una gran tradición cafetera y que en algunas ocasiones son establecidos como monocultivos. La extracción del aceite de café a base de la borra del café tostado como residuo agroindustrial es de mucha importancia ya que se lograría la obtención de otro subproducto del café generando otros ingresos a la economía del País.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En nuestro país el cultivo del café es de gran importancia como pilar de la economía y generados de ingresos y divisas, ya que genera muchos empleos ya sean directos o indirectos y que nos transforma en una cultura y tradición única alrededor de esta.

Actualmente en la comercialización del café se tiene muy en cuenta la calidad del grano y sus características organolépticas, por tal motivo la estructura del café durante el proceso de tostión sufre un hinchamiento entre el 40% al 60% con una pérdida de alrededor del 20% de su peso actual, en nuestro hermoso país Colombia y en los demás países en los que se realiza el proceso de tostión o tostación, existen diferentes tipos de procesos y equipos tostadores que se clasifican de acuerdo a la capacidad de café que ella misma pueda tostar, y así mismo logrando la calidad deseada sin tener en cuenta sus respectivos procesos y características organolépticas y cambios en la misma que pueda sufrir, y como residuo agroindustrial del proceso de infusión de café se tiene la Borra, el porcentaje residual de la borra es muy alta, por tal motivo se desea realizar un aprovechamiento de este residuo agroindustrial para la obtención de aceite de café a base de la borra del café.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Extraer aceite de café a partir de la borra del café tostado como aprovechamiento de residuo agroindustrial por la infusión de café.

4.2 Objetivos Específicos

- Extraer aceite a partir de la borra del café para determinar rendimiento y viabilidad económica.
- Establecer las características organolépticas presente en las diferentes muestras de café según su grado de tosti3n antes de la infusi3n.
- Identificar los resultados colorimétricos en la tosti3n de las muestras de café.

5. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se realiza mirando la necesidad de ser cada vez más competitivos, todo esto debido a que se cuenta con un producto con un valor agregado muy apetecido por el consumidor final, los cafés ya sean especiales o no han tomado gran fuerza en el mercado mundial, en la actualidad se puede observar una clara tendencia hacia la diferenciación y la calidad del café con la implementación de prácticas agrícolas limpias y los análisis tanto granulométricos y sensoriales de las muestras, así como una estudio de las preparaciones de la bebida de dichos café ya tostados y la obtención de residuos agroindustriales como la borra, siendo de gran impacto en la actualidad.

El café siendo uno de los mayores productos agrícolas presentes en nuestro país y el más consumido a nivel mundial se busca aprovechar la borra obtenida de la infusión del café tostado para la extracción de aceite y así dar viabilidad a nuevos subproductos del café.

6. MARCO TEORICO

En la optimización de los procesos se puede identificar varias herramientas como son las siguiente:

1. El ciclo PDCA ó PHVA: En esta herramienta está considerado el modelo base de la mejora

Continua y es el más conocido de todos, como a la vez guarda una estrecha relación con algunas normas de la familia ISO, como por ejemplo la ISO 9001 sobre gestión de calidad, este ciclo implica una verificación continua de los resultados y una vuelta al inicio permanente.

2. Análisis de valor: Esta herramienta pone el acento en el aumento del valor añadido (no comercial) de un producto y en la búsqueda de opciones para la reducción de costes, esta herramienta o modelo indaga en cómo realizar las mismas acciones a precios menores.

3. Los 5 porqués: esta herramienta o método plantea la revisión de las posibles causas que han provocado un fallo, ésta herramienta a través de una serie de preguntas (no necesariamente cinco) tiene como objetivo trazar una línea en sentido inverso al del proceso hasta detectar el origen del problema y sacar las conclusiones oportunas y definir las soluciones.

4. Estratificación: Se trata de una herramienta que plantea la división de la información en niveles. En el momento en que un problema es detectado, se procede a la selección de los datos bajo criterios como el material, los tipos de defectos, los grupos de trabajo, entre otros. De este modo, es posible aislar las causas que han provocado fallos y tratarlas por separado de cara a eventuales mejoras. Además, este sistema permite priorizar la intervención en aquellas áreas del proceso que más lo requieran.

5. Lean Manufacturing: El modelo Lean pone el énfasis en las necesidades del cliente o consumidor. El proceso de mejora parte de lo que el destinatario desea y en función de ello despliega recursos para la reducción de costes, las respuestas inmediatas y la optimización de los ciclos de trabajo. El objetivo es eliminar la mayor cantidad de obstáculos.

6. DFSS: El Design For Six Sigma es una metodología especializada en el lanzamiento de nuevos productos o servicios. Para que dichos productos gocen de la calidad requerida, el DFSS plantea seis etapas que las marcas deben tener en cuenta en el momento de introducir un nuevo elemento en los mercados: definición, medición, análisis, optimización y, por último, verificación de los resultados.

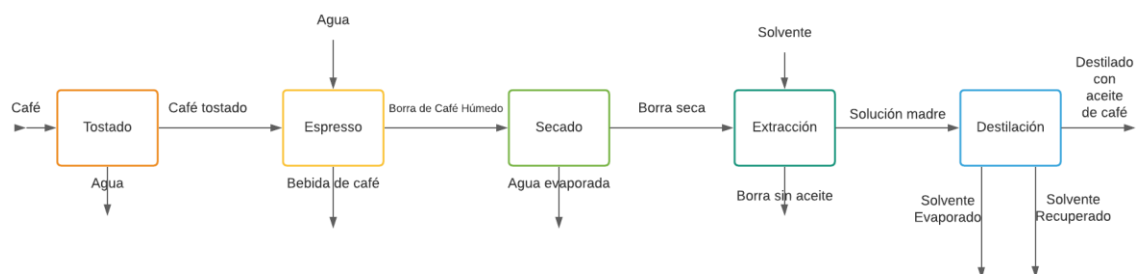
7. Diagrama de afinidad: Los problemas son, en esencia, complejos; son el resultado de decisiones y causas que, en algunos casos, resultan difíciles de precisar a primera vista. Un diagrama de afinidad busca dar claridad a situaciones de ese tipo a través de la agrupación de ideas o asuntos

que guarden relación entre sí. La idea es confirmar datos o, incluso, establecer vínculos que en un principio no se habían contemplado de cara a la toma de decisiones. Es un modelo muy útil para organizaciones grandes o grupos de trabajo numerosos.

La borra de café es el residuo agroindustria que se genera después de la extracción de la bebida del café y a la vez es un alto residuo que se genera en las fábricas de café soluble del grano tostado, este residuo agroindustria representa el 10% del fruto fresco. Para nuestra subregión Norte de Antioquia con su zona cafetera, considerando la pendiente de los cultivos y la concentración de las cargas orgánicas de las aguas mieles no resulta ni económicamente ni técnica y culturalmente apropiado, como a la vez al no realizarse el tratamiento adecuado a los residuos sólidos como son el cisco, la borras y la pulpa generando un alto margen de pérdidas. Se considera que el café es uno de los productos agrícolas cultivado en el mundo entero y es utilizado principalmente para la preparación del café como una bebida tipo infusión, a partir de granos molidos, siendo la borra de café el principal desecho de la industria y comercios dedicados a esta actividad económica. Para el año 2010, según reportes de la Organización Internacional del café (Según la Organización Internacional del Café), la producción mundial de granos de café sobrepasó los 8 millones de toneladas, lo cual indica que se generan grandes cantidades de borra de café, que podrían ser utilizadas para la extracción de grasas y aceites.

En el desarrollo de la extracción de aceite a base de café se tiene en cuenta diversos procesos (Fig. 1), mediante la utilización de un diagrama de flujo se logra evidenciar todas las operaciones involucradas en el proceso de transformación del residuo agroalimentario para obtener el producto deseado.

Fig. 1 Diagrama de flujo obtención de aceite de café.

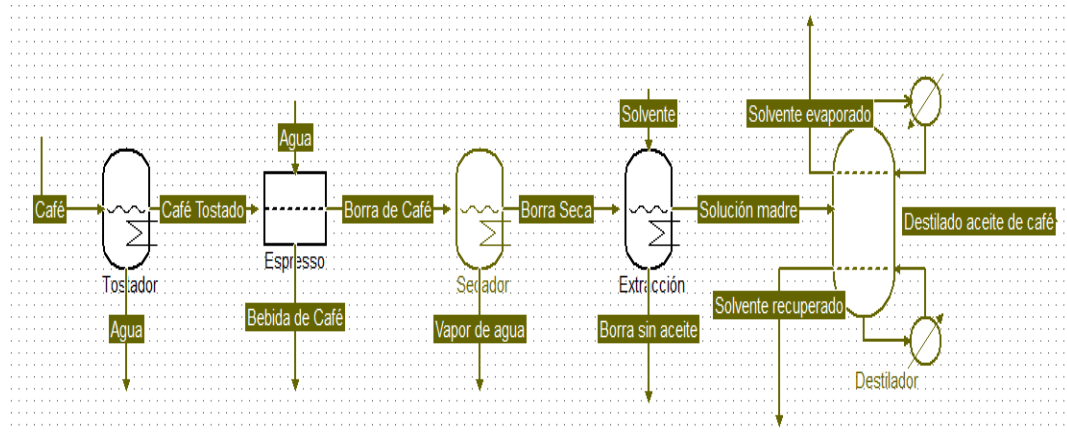


Fuente: Elaboración Propia.

Se realiza el respectivo flujograma del proceso, utilizando el simulador de Procesos Industriales - Simulador COCO como lo evidencia la Figura 2, en el que se puede

evidenciar el proceso de extracción de aceite de la borra del café desde el inicio de la tosti3n del grano caf3 almendra hasta su debida preparaci3n como infusi3n, de este paso es que se aprovecha su residuo agroindustrial denominado borra.

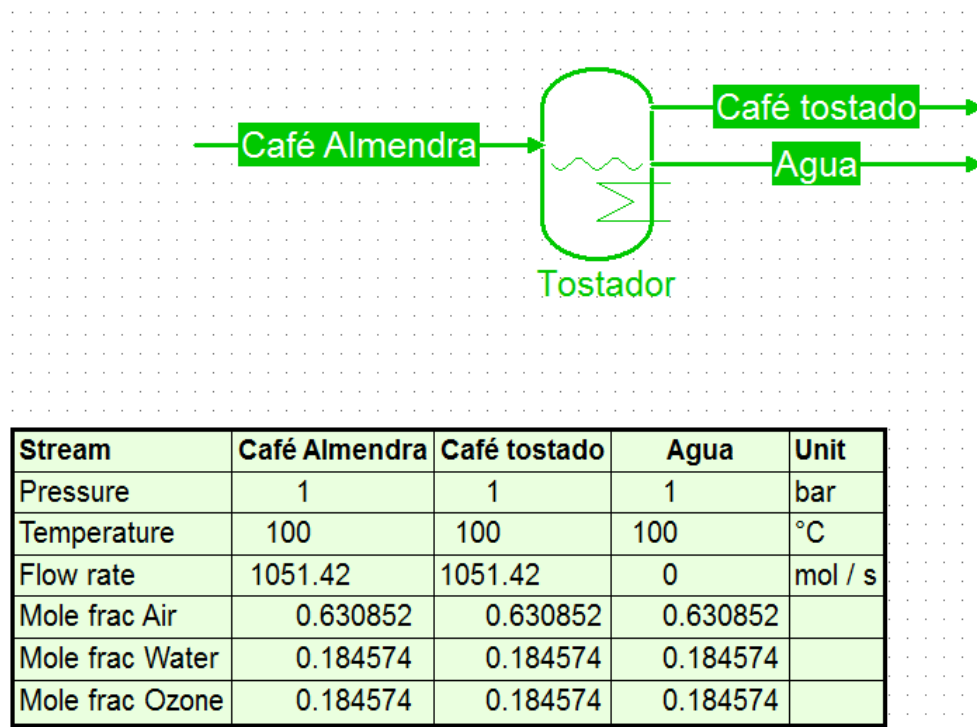
Fig. 2 Flujograma proceso de extracci3n de aceite de caf3.



Fuente: Elaboraci3n propia.

En este proceso se realiz3 la selecci3n del caf3 pergamino seco y se le hizo un proceso de trillado, luego se realiz3 una selecci3n del caf3 almendra sana, de esta sali3 una cantidad de 1051.42 gramos de caf3 almendra, se procede con el proceso de tostado el cual se inicia a 180°C, al adicionar el caf3 almendra con una humedad del 11%, se reduce la temperatura en el tostador a 156°C, en este punto se procede con el proceso de tostado del caf3, se espera a que la temperatura se suba y se estabilice generando el buen tostado del mismo, por tal motivo se retira a una tosti3n alta, y el caf3 ha perdido un alto porcentaje de peso (30-40%), pero ha ganado volumen, lo que hace que se pueda proceder con el molido del caf3 tostado, en la Figura 3 se evidencia las variables m3s influyentes para la obtenci3n del aceite de caf3.

Fig 3. Variables más influyentes en el proceso de extracción de aceite de café.



Fuente: Elaboración propia.

En el desarrollo del proceso se debe de identificar herramientas que nos puedan apoyar en la optimización del proceso como son:

A. El ciclo PDCA ó PHVA: En esta herramienta está considerado el modelo base de la mejora

Continua y es el más conocido de todos, como a la vez guarda una estrecha relación con algunas normas de la familia ISO, como por ejemplo la ISO 9001 sobre gestión de calidad, este ciclo implica una verificación continua de los resultados y una vuelta al inicio permanente.

B. Análisis de valor: Esta herramienta pone el acento en el aumento del valor añadido (no comercial) de un producto y en la búsqueda de opciones para la reducción de costes, esta herramienta o modelo indaga en cómo realizar las mismas acciones a precios menores.

C. Los 5 porqués: esta herramienta o método plantea la revisión de las posibles causas que han provocado un fallo, esta herramienta a través de una serie de preguntas (no necesariamente cinco) tiene como objetivo trazar una línea en sentido inverso al del proceso hasta detectar el origen del problema y sacar las conclusiones oportunas y definir las soluciones.

D. Estratificación: Se trata de una herramienta que plantea la división de la información en niveles, en el momento en que un problema es detectado, se procede a la selección de los datos bajo criterios como el material, los tipos de defectos, los grupos de trabajo, entre otros, de ésta herramienta, es posible aislar las causas que han provocado fallos y tratarlas por separado de cara a eventuales mejoras, a la vez este sistema permite priorizar la intervención en aquellas áreas del proceso que más lo requieran.

E. Lean Manufacturing: El modelo Lean pone el énfasis en las necesidades del cliente o consumidor. El proceso de mejora parte de lo que el destinatario desea y en función de ello despliega recursos para la reducción de costes, las respuestas inmediatas y la optimización de los ciclos de trabajo. El objetivo es eliminar la mayor cantidad de obstáculos, esta herramienta cuenta con diferentes métodos de aplicación como lo son: Value Stream Mapping, las 5s, TPM, jidoka, Matriz de autocalidad, Heijunka y SMED, entre otras.

F. DFSS: El Design For Six Sigma es una metodología especializada en el lanzamiento de nuevos productos o servicios. Para que dichos productos gocen de la calidad requerida, el DFSS plantea seis etapas que las marcas deben tener en cuenta en el momento de introducir un nuevo elemento en los mercados: definición, medición, análisis, optimización y, por último, verificación de los resultados.

G. Diagrama de afinidad: Los problemas son, en esencia, complejos; son el resultado de decisiones y causas que, en algunos casos, resultan difíciles de precisar a primera vista. Un diagrama de afinidad busca dar claridad a situaciones de ese tipo a través de la agrupación de ideas o asuntos que guarden relación entre sí. La idea es confirmar datos o, incluso, establecer vínculos que en un principio no se habían contemplado de cara a la toma de decisiones. Es un modelo muy útil para organizaciones grandes o grupos de trabajo numerosos.

H. Técnica de Pareto: es un método coordinado para identificar, calificar y tratar de eliminar de manera permanente los defectos. Se concentran en las partes importantes de error, Se usa para identificar y dar prioridad a los problemas más significativos de un proceso, evaluar el comportamiento de un problema, comparando los datos entre el antes y el después y permitir concentrarse en las causas que realmente están afectando el problema o bien poder identificar en donde se deben concentrar los esfuerzos.

I. Diagrama Causa – Efecto: es una representación gráfica en forma de espina de pescado, que permite identificar las causas que afectan un determinado problema en una forma cualitativa. También es conocido como diagrama de Ishikawa, emplea una descripción gráfica de los elementos del proceso para analizar fuentes potenciales de la variación de este, su mayor beneficio es que permite concentrarse en las causas que están afectando un problema y de una forma clara, establecer

las interrelaciones entre esas causas y el diagrama de estudio, así como subdividir causas principales en primarias, secundarias y terciarias, como a la vez tiene una limitación, depende del conocimiento previo de las personas involucradas en el análisis, también a veces se dificulta en dónde colocar una determinada causa; es una relación subjetiva, por lo que puede no ser la real.

J. Cartas o Diagrama de Control: Los diagramas de control son una herramienta que se basan en el control estadístico de la variabilidad, que trata de representar la variabilidad de las características de calidad dentro de los límites correspondientes, estos diagramas denuncian los problemas derivados de un exceso de variabilidad, como a la vez representan el valor de una variable cuya variabilidad se quiere controlar (en el eje de las ordenadas), en función de las unidades de productos controladas (en el eje de las abscisas). En el gráfico de control se incluye los límites de control, que son tres líneas horizontales que delimitan zonas del área ocupadas por el gráfico.

K. TPM: es una herramienta que se definió por el Japan Institute of Plant Maintenance, JIPM, (1994), introduciendo un concepto con los siguientes componentes estratégicos: • Crear una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de los equipos y maquinarias. De esta forma se trata de llegar a la Eficacia Global. • Gestionar la planta como una organización que evite todo tipo de pérdidas (asegurando los cero accidentes, defectos y averías) en la vida entera del sistema de producción, de tal forma que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos. • Envolver a todos los departamentos, comenzando por el de producción y el de mantenimiento, para luego extenderse a los demás como ventas, finanzas, desarrollo, etc. • Involucrar a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operarios de la planta, en un mismo proyecto. • Orientar decididamente las acciones hacia las “cero-pérdidas” apoyándose en las actividades de los pequeños grupos. • Implantar el mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños equipos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.

En este caso se seleccionó la metodología TPM, ya que es un método de gestión de nivel socio-técnico que ayuda a identificar y eliminar las pérdidas existentes en los procesos productivos, administrativos y logísticos, a la vez se enfoca en el desarrollo de las competencias de capacitación y motivación de la estructura administrativa para poder generar el desarrollo del personal operativo, a través del conocimiento de los procesos y de las máquinas, de tal manera que se pueda lograr una contribución de todas las personas en el logro de los objetivos estratégicos de la empresa, asimismo, se enfoca en la creación de actividades de valor agregado para el cliente, monitoreadas a través de los indicadores claves del negocio,

maximizando la utilización de los activos empresariales con el objetivo de elaborar productos de alta calidad a costos competitivos.

La optimización del proceso (Tabla 1.) se realizaría teniendo en cuenta el proceso de obtención de aceite a base de la borra del café, para lograr obtener este aceite se procede con el proceso de calidad del café pergamino seco y su proceso de selección y tostación de este y para este proceso de optimización se tendría en cuenta los siguientes aspectos:

Tabla 1. Proceso Optimización café.

MATERIA PRIMA E INSUMOS	DENSIDAD DEL CAFÉ ALMENDRA (Kg/L)	Producto final	PORCENTA JE	CANTIDAD(Kg)	producto final	CANTIDAD(Kg)
Café	0,68	Café tostado	100%	427,84875	Café tostado	427,85

personas	35%	consumo/mes(Kg)	Consumo/semana(Kg)	Consumo/semana gr	Consumo/diario en Kg
9055	3169,25	4753,88	1188,47	1188468,75	169,78
		Consumo en L	Densidad Café tostado (Kg/L)	Consumo/semana L	Consumo/diario en L
		427,85	0,36	427848,75	61121,25

Proceso Industrial	Material a utilizar	cantidad en Kg	Porcentaje	Rendimiento del proceso
<i>Recepción</i>	Café	427,85	100,00%	
TOTAL PROCESO		427,85	100,00%	100%
<i>Trillado</i>	café recibido	427,85	100,00%	
	Pérdidas por impurezas	64,18	15,00%	
	Pérdidas por cascarilla	34,36	8,03%	
TOTAL PROCESO		329,32	76,97%	77%
Steeles	Café trillado	329,32	76,97%	
	Pérdidas por granos defectuosos por densidad	18,01	4,21%	
TOTAL PROCESO		311,30	72,76%	95%
Selección Máquinas electrónicas	Café de steeles	311,30	72,76%	
	Pérdidas por selección electrónica	4,11	0,96%	
TOTAL PROCESO		307,20	71,80%	99%
Tostado	café de electrónica	307,20	71,80%	
	Pérdidas de humedad	149,75	35,00%	
TOTAL PROCESO		157,45	36,80%	51%
<i>Molienda</i>	café tostado	157,45	36,80%	
	Pérdidas por molienda	21,39	5,00%	
TOTAL PROCESO		136,06	31,80%	86%
Empacado	Café molido	136,06	31,80%	
	Pérdidas por empacado	5,78	1,35%	
PRODUCTO FINAL	CAFÉ TOSTADO MOLIDO	130,28	30,45%	96%

Fuente: Elaboración propia.

6.1. PERTINENCIA Y VIABILIDAD

El grano de café es obtenido de plantas perennes tropicales (cafetos) con una morfología muy variable, estos granos al ser tostados y molidos se pueden usar principalmente para preparar infusiones. El género del café pertenece a la familia de las Rubiáceas (Rubiaceae), que tiene alrededor de unos 500 géneros y más de las 6000 especies. Taxonómicamente se clasifican como género Coffea y a su vez

se caracterizan por una hendidura en la parte central de la semilla, sus flores son completas (en la misma flor se encuentran todos los órganos) y de color blancas y tubulares; y sus los frutos son carnosos de diferentes formas, colores y tamaños, dentro de las cuales se encuentran las semillas, que por lo general son dos por fruto, entonces los granos de café son las semillas de un fruto que es llamado de manera “cereza”, están compuestas por una cubierta exterior llamado exocarpio que determina el color del fruto; en el interior hay diferentes capas: el mesocarpio que es una goma rica en azúcares adherida a las semillas que se conoce como mucílago; el endocarpio también llamado pergamino es una capa amarillenta que cubre cada grano; la epidermis, una capa muy delgada conocida como la película plateada; y el endosperma, conocido también como el café verde (Federación Nacional de Cafeteros, 2010).

Desde hace varios años el café ha tenido inconvenientes relacionados con la comercialización y el desarrollo productivo del mismo, inclusive con el precio de este en el mercado mundial hace que sea variable su comercialización, este fenómeno afecta en gran medida a todos los caficultores del país, ya que al momento de vender el café se deben de enfrentar a un bajo precio en el mercado y no es aprovechado de forma efectiva en otros procesos como la obtención de aceite.

Debido a las pérdidas que se generan por la afectación de broca, y por el precio en el mercado, se puede aprovechar la borra del café tostado para la extracción de aceite estableciendo los rendimientos del proceso para determinar si es posible realizarlo a nivel industrial.

Desde hace varios años se puede realizar la extracción por extrusión de aceite de café tostado (López, 2007), debido a que este producto se caracteriza por tener un gran contenido de compuestos odoríferos, siendo esto un criterio importante para determinar la calidad del café, teniendo en cuenta el método de la extracción se obtiene un aceite fijo con alta carga volátil y con características organolépticas favorables, como también se puede aplicar dióxido de carbono en condiciones supercríticas para maximizar la extracción de aceite y obtener los niveles más altos y más bajos de diterpenos en aceite tanto de café verde y tostado (borra), con esto se logra que la extracción de fluidos supercríticos es un método muy útil para extraer aceite de la borra de café tostado generando un aceite saludable para la industria alimentaria, sin ningún disolvente orgánico remanente, como hexano o benceno.

En 2011, Díaz & Vásquez, evaluaron la capacidad antioxidante del aceite extraído de granos de café tostado por medio de una extracción con CO₂ supercrítico. Donde encontraron que el aceite presentaba una baja capacidad antioxidante, esto debido a la gran cantidad de compuestos lipídicos, como ácidos grasos y terpenos, que no contribuyen significativamente a ésta.

7. METODOLOGÍA

Para la obtención del aceite de café a partir de la borra del café tostado se utiliza una extracción por solventes con isopropanol-hexano relación 50-50% utilizando un equipo Soxhlet, para el desarrollo de la extracción del aceite se tiene como referencia algunas normatividades vigentes en nuestro país las cuales están detalladas en la Figura 4 denominada infografía normatividad vigente.

En el proceso de la metodología se incluye la recolección de la borra de café, se realiza el secado de este, y luego se genera la extracción del aceite por medio de una mezcla de solventes, y por último la destilación para separar el aceite de los solventes.

1. Recolección y almacenamiento de la borra del café.

La recolección se realiza cada 8 días y será de borras de café de tueste alto proveniente de los diferentes métodos de filtrado de las tiendas de café del municipio, y las muestras se almacenan en un refrigerador de (3 a 5°C), punto importante es que se debe de utilizar borra de café antes de cumplir los 6 días de haberlos recolectados para evitar la proliferación de microorganismos.

2. Secado de la borra de café.

Este proceso se realiza empleando un deshidratador por convección a una temperatura de $100.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, se dejan secar durante cuatro o cinco horas dependiendo del grado de humedad que tenga la borra, al transcurrir este tiempo se tiene las muestras optimizadas teniendo una humedad en un rango de los 2 a 6% y se procede a dejar enfriar las muestras a temperatura ambiente, luego se almacena la borra del café en bolsas plásticas ziploc dentro de recipientes cerrados.

3. Tamizado de la borra del café.

Luego del secado se prosigue a realizar el tamizado, para esto se utiliza equipo ROTAP, con un banco de tamices No. 20, 30, 45, 60, 80, 100, durante quince minutos para separar las partes finas de las gruesas, se procede a tamizar las muestras una por una y se le determina las masas en cada uno de los tamices y por último se determina el porcentaje de sólidos retenidos por medio de la masa retenida en cada tamiz y la masa inicial de la muestra.

4. Extracción de aceite de café por mezcla de solventes.

Se procede a elaborar cartuchos Soxhlet con papel filtro, y se coloca dentro de ellos una muestra de 10.0000 ± 0.0001 g de borra de café y se coloca el cartucho dentro del cuerpo del Soxhlet se procede agregando 60.0 ± 0.5 mL hexano y 60.0 ± 0.5 mL

de isopropanol dentro de un balón esférico de fondo plano junto con un agitador magnético, y el balón esférico se pone en una estufa para llegar a la temperatura de ebullición de la mezcla siendo esta de 75°C aproximadamente, se utiliza agua en el condensador como refrigerante.

5. Destilación de aceite de café.

Se procede a realizar la destilación para separar el aceite de la mezcla de solventes y para esto se requiere 120.0 ± 0.5 mL del extracto en un balón de tres bocas y se arma el sistema de destilación, se utiliza agua como refrigerante para el condensador, y el balón con la muestra se deja en contacto directo con la estufa. Una vez terminada la destilación, se coloca el aceite destilado en un beaker de 50 mL y se calienta por 20 minutos a 65°C, con agitación constante para remover cualquier resto de solventes, entonces el aceite obtenido se filtra al vacío, para remover cualquier sólido o impureza, y por último se almacena en recipientes de vidrio.

Fig. 4 Infografía normatividad vigente.



Fuente: Elaboración Propia.

8. CONCLUSIÓN

1. Se logró identificar las diferencias presentes en las herramientas más importantes en la optimización de procesos.
2. Se logró realizar de manera óptima la descripción y desarrollo de la optimización del proceso en mi proyecto de café.
3. Se logró identificar las diferencias presentes entre un diagrama de flujo y un flujograma.
4. Se desarrolló procesos de simulación en la borra de café como un residuo agroindustrial.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Vázquez, J. C., Rodríguez, S. M., & Alba, A. R. F. (2003). Evaluación analítica y optimización de procesos de oxidación avanzada en planta piloto solar. CIEMAT.
2. Scenna, N. J., Aguirre, P. A., Benz, S. J., Chiotti, O. J., Espinosa, H. J., Ferrero, M. B., ... & Salomone, H. E. (2015). Modelado, simulación y optimización de procesos químicos.
3. MEDIDA, F. D. E. A. (2015). Optimización de procesos.
4. Castrillón, O., Sarache, W., & Giraldo, J. (2010). Técnicas aleatorias en la optimización de procesos job-shop. In 9na Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática.
5. Domínguez, J. D. (2006). Optimización simultánea para la mejora continua y reducción de costos en procesos. Ingeniería y ciencia, 2(4), 145-162.
6. Urribarrí, A., Zabala, A., Sánchez, J., Arenas, E., Chandler, C., Rincón, M., ... & Mazzarri, C. A. (2014). Evaluación del potencial de la borra de café como materia prima para la producción de biodiesel. Multiciencias, 14(2), 129-139.
7. Job, D. (2004). La utilización de la borra del café como substrato de base para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer. Rev Iberoam Micol, 21, 195-197.
8. Puertas-Mejía, M. A., Villegas-Guzmán, P., & Alberto Rojano, B. (2013). Borra de café colombiano (*Coffea arabica*) como fuente potencial de sustancias con capacidad antirradicales libres in vitro. Revista Cubana de Plantas Medicinales, 18(3), 469-478.
9. García-Muñoz, A. F., & Riaño-Luna, C. E. (1999). Extracción de celulosa a partir de la borra de café. Cenicafé, 50(3), 205-214.
10. Boligon, J. (2015). Produção e caracterização de carvão ativado a partir da borra de café solúvel (Master's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).
11. Bengoagorostiza, P. 2012. Síntesis de biodiesel mediante catálisis ácida heterogénea a partir de mezclas de aceite y ácidos grasos. Universidad Pública de Navarra.
12. Gómez, G. C. (2005). Desarrollos científicos de Cenicafé en la última década. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1(30), 89-100.

13. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. 2008, División de Estrategia y Proyectos Especiales de Comercialización. Aspectos De Calidad Del Café Para La Industria Torrefactora Nacional.